

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-029403

(43)Date of publication of application : 28.01.2000

(51)Int.Cl.

G09F 9/30
H01L 29/786
H05B 33/14
H05B 33/26

(21)Application number : 11-148990

(71)Applicant : LUCENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 28.05.1999

(72)Inventor : BAO ZHENAN
DODABALAPUR ANANTH
KATZ HOWARD EDAN
RAJU VENKATARAM REDDY
ROGERS JOHN A

(30)Priority

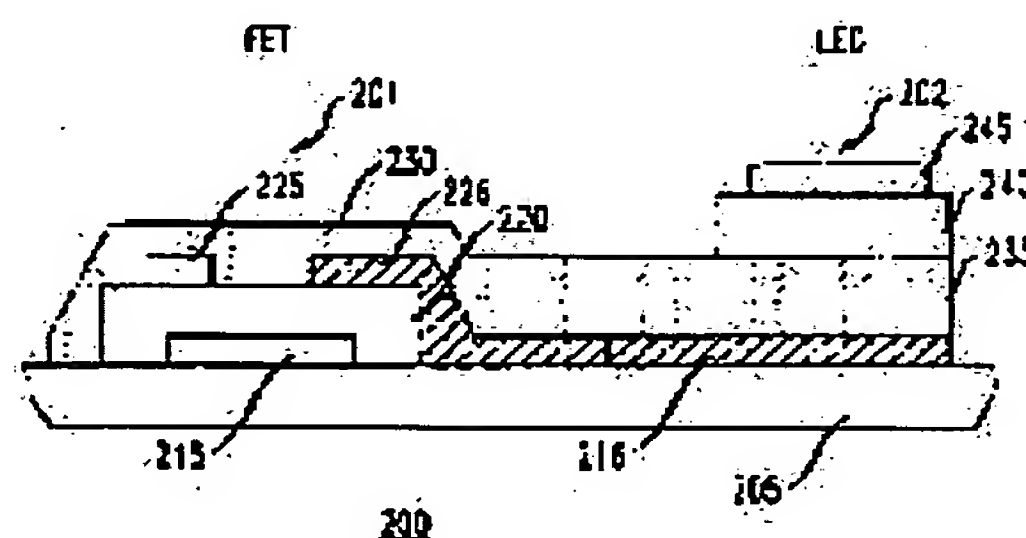
Priority number : 98 87201 Priority date : 29.05.1998 Priority country : US

(54) ORGANIC LIGHT EMITTING DIODE AND MONOLITHICALLY INTEGRATED THIN-FILM TRANSISTORS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an economical and good efficient device by monolithically integrating thin-film transistors(TFTs) with light emitting diodes(LEDs) and forming active layers of the LEDs and the semiconductor layers of the TFTs of org. materials.

SOLUTION: The monolithically integrated org. TFTs and org. LEDs 200 are formed by first depositing a conductive layer on transparent substrate 205. The layer acts both as the gate 215 of the electric field effect (TFT) (FET) 201 and the anode 216 of the LED 202. Next, a dielectric layer 220 of the FET 201 is formed. After the conductive layer and dielectric layer 220 are formed on the substrate 205, the source electrode 225 and drain electrode 226 of the FET 201 or the semiconductor material 230 of the FET is deposited. Since the semiconductor material 230 is not used as a hole transfer body, the layer of a hole transfer body 235 is formed in order to obtain necessary characteristics. An electron transfer body/emitter layer 240 is deposited on the hole transfer body 235 and in succession, a cathode 245 is deposited to complete the LED 202.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.08.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 05.03.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

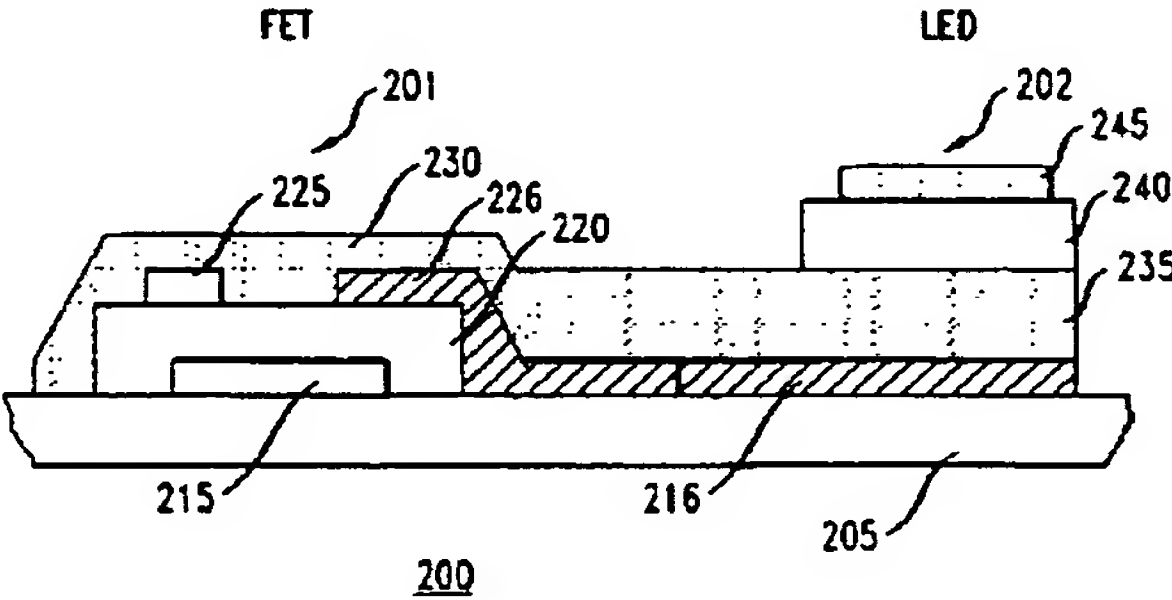
(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 9 F 9/30	3 3 8	G 0 9 F 9/30	3 3 8
H 0 1 L 29/786		H 0 5 B 33/14	A
H 0 5 B 33/14		33/26	Z
33/26		H 0 1 L 29/78	6 1 3 Z

審査請求 未請求 請求項の数24 O L （全 9 頁）

(21)出願番号	特願平11－148990	(71)出願人	596092698 ルーセント テクノロジーズ インコーポ レーテッド アメリカ合衆国, 07974－0636 ニュージ ャーシイ, マレイ ヒル, マウンテン ア ヴェニュー 600
(22)出願日	平成11年5月28日(1999.5.28)	(72)発明者	ゼナン バオ アメリカ合衆国 07060 ニュージャーク ィ, ノース プレインフィールド, アパー トメント ジェージェー8, ロック アヴ ェニュー 1275
(31)優先権主張番号	0 9 / 0 8 7 2 0 1	(74)代理人	100064447 弁理士 岡部 正夫 (外11名)
(32)優先日	平成10年5月29日(1998.5.29)		最終頁に続く
(33)優先権主張国	米国 (U S)		

(54)【発明の名称】 有機発光ダイオードとモノリシックに集積化された薄膜トランジスタ

(57)【要約】
【課題】 本発明は、有機発光ダイオードとモノリシッ
クに集積化された薄膜トランジスタを提供する。
【解決手段】 1ないし複数の薄膜トランジスタが、発
光ダイオードとモノリシックに集積化されたデバイス
が、明らかにされている。薄膜トランジスタは、有機半
導体層をもつ。デバイスは薄膜トランジスタと発光ダイ
オードの基板上への作製を集積化し、低価格作製技術を
用いることにより、経済的に作製される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発光ダイオードは陽極、陰極及び陽極と陰極にはさまれた発光材料から成る少くとも 1 つの能動層を含み、薄膜トランジスタはソースからドレインへ流れる電流が、半導体材料を貫いてソースからドレインへ流れるように、ソース及びドレイン間に配置された半導体材料を含み、薄膜トランジスタ及び発光ダイオードが単一の一体となった基板上に形成され、薄膜トランジスタ及び発光ダイオードの能動層の少くとも 1 つの半導体材料は、有機材料である少くとも 1 個の薄膜トランジスタとモノリシックに集積化された発光ダイオードを含むデバイス。

【請求項 2】 薄膜トランジスタは更に、基板上に形成されたゲートを含み、発光ダイオードの陽極及び薄膜トランジスタのゲートは、材料の単一層である請求項 1 記載のデバイス。

【請求項 3】 能動層は更に、電荷輸送材料の層を含む請求項 2 記載のデバイス。

【請求項 4】 薄膜トランジスタの半導体材料と発光ダイオードの電荷輸送材料は同じ材料である請求項 3 記載のデバイス。

【請求項 5】 電荷輸送材料は正孔輸送材料である請求項 4 記載のデバイス。

【請求項 6】 電荷輸送材料及び半導体材料は、オリゴチオフェン、ペンタセン、 R は m が 0 ないし 18 の $C_m H_{2m+1}$ 又は $z + y = 4$ ないし 17、 y がゼロより大きく、 z が 2 より大きい $C_y H_{2y+1} O C_z H_{2z}$ である $D i - R$ -アントラジチオフェン、ビスーベンゾジチオフェン、フタロシアニン共役混合物及び部分正則ポリ（3-アルキルチオフェン）から成るグループから選択される請求項 5 記載のデバイス。

【請求項 7】 ソース及びドレイン接触の少くとも 1 つは、陽極に電氣的に接続されている請求項 4 記載のデバイス。

【請求項 8】 基板は透明基板で、薄膜トランジスタのゲート及び発光ダイオードの陽極はインジウム・スズ酸化物である請求項 7 記載のデバイス。

【請求項 9】 透明基板材料はガラス、ポリエステル及びポリイミドから成るグループから選択される請求項 8 記載のデバイス。

【請求項 10】 複数の薄膜トランジスタが、発光ダイオードとモノリシックに集積化される請求項 9 記載のデバイス。

【請求項 11】 一体となった基板上に、薄膜トランジスタのゲート接触と発光ダイオードの陽極を形成する工程；ゲート接触上に誘電体材料の層を形成する工程；誘電体材料の層上に、有機半導体材料の層を形成する工程；誘電体材料の層上に有機半導体材料の層を形成する前又は形成した後に、薄膜トランジスタのソース接触及びドレイン接触を形成し、ソース接触及びドレイン接触

の 1 つは、陽極に電氣的に接続される工程；発光ダイオードの陽極上に、有機発光材料の層を形成する工程；及び有機発光材料上に、陰極を形成する工程を含むモノリシックに集積化された薄膜トランジスタ及び発光ダイオードを作製するプロセス。

【請求項 12】 ゲート接触及び陽極は導電性材料の単一の層から形成される請求項 11 記載のプロセス。

【請求項 13】 発光材料の層を上形成する前に、陽極上に正孔輸送材料の層を形成することを含む請求項 12 記載のプロセス。

【請求項 14】 薄膜トランジスタの有機半導体材料及び発光ダイオードの正孔輸送材料は、同じ p 形半導体材料である請求項 13 記載のプロセス。

【請求項 15】 p 形半導体材料は、オリゴチオフェン、ペンタセン、 R は m が 0 ないし 18 の $C_m H_{2m+1}$ 又は $z + y = 4$ ないし 17、 y がゼロより大きく、 z が 2 より大きい $C_y H_{2y+1} O C_z H_{2z}$ である $D i - R$ -アントラジチオフェン、ビスーベンゾジチオフェン、フタロシアニン共役混合物、部分正則ポリ（3-アルキルチオフェン）から成るグループから選択される請求項 14 記載のプロセス。

【請求項 16】 誘電体材料の層は、薄膜トランジスタのゲート接触上に、誘電体材料の層を印刷することにより形成される請求項 12 記載のプロセス。

【請求項 17】 半導体材料の層は、半導体材料の層を印刷することにより形成される請求項 16 記載のプロセス。

【請求項 18】 半導体材料の層は、半導体材料の層をスピンコートすることにより形成される請求項 16 記載のプロセス。

【請求項 19】 半導体材料の層は、液相で加工可能な共役オリゴマ又はポリマをスプレーすることにより形成される請求項 16 記載のプロセス。

【請求項 20】 ソース接触及びドレイン接触は、ソース接触及びドレイン接触用の材料を、印刷することにより形成される請求項 12 記載のプロセス。

【請求項 21】 能動層は印刷で形成される請求項 12 記載のプロセス。

【請求項 22】 能動層は鋳造により形成される請求項 12 記載のプロセス。

【請求項 23】 能動層はスピンコートで形成される請求項 12 記載のプロセス。

【請求項 24】 誘電体層は下の導電材料の層中に、陽極又はゲート接触の少くとも 1 つを形成するためのエッチングマスクとして形成される請求項 12 記載のプロセス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【本発明の背景】

【技術分野】 本発明はモノリシックに集積化された有機

発光デバイス及び薄膜トランジスタに係る。本発明はまた、そのデバイスの作製プロセスに係る。

【0002】

【技術背景】能動層として有機物層を有する発光ダイオード(LED)は、フラットパネルディスプレイ用に開発されてきた。有機薄膜を有するLEDは、そのようなデバイスは結晶基板上に作製する必要がなく、そのようなデバイスの製造価格が低く、デバイスが低電圧で動作し、有機薄膜は様々な色を放射するデバイスを可能にできるため、魅力的である。従って、LEDはこわれにくく、軽く、柔軟性があり、低価格なフラットパネルディスプレイを作製する上で、魅力的である。

【0003】薄膜トランジスタ(TET)は液晶ディスプレイ中のスイッチング要素として、用いられてきた。ウー・シー(Wu, C.)らにより、“柔軟で軽い金属箔基板上への有機LED及びアモルファスSiTETの集積化”、アイイーイーイー・エレクトロン・デバイス・レターズ(IEEE Electron Device Letters)第18:12巻, 609-612頁(1997)に述べられているように、能動-母体発光フラットパネルディスプレイを作るために、TFTとLEDを集積化することが望ましい。ウー(Wu)らの論文に述べられているデバイス10が、図1に描かれている。LED11とTFT12の両方が、ステンレススチール箔基板13上に形成されている。TFTは箔基板13上に絶縁層14を堆積することにより、形成される。クロムゲート15が基板上に形成され、その上に別の絶縁層16が形成される。

【0004】アンドープのアモルファス水素化シリコン層17が絶縁層上に形成され、その上にn+アモルファス水素化シリコン層18が形成される。クロムソース/ドレイン接触19がドープシリコン層18上に形成される。TFTが作製された後、ソース/ドレイン接触19上に白金陽極21を堆積させることにより、LED11が形成される。ソース/ドレイン接触19及び白金陽極21上に、発光ポリマ層22を形成する。発光ポリマが陽極21と陰極23にはさまれるように、陰極(二重層Mg:Ag(10:1)/ITO)23を、発光層の表面上に形成し、配置する。

【0005】ウー(Wu)らはプラスチック基板上に集積化したTFTとLEDを生成する利点を述べている。しかし、ウー(Wu)らは更に、そのようなデバイスはそのような基板の機械的かつ化学的不安定性により、作製が難しいと述べている。ウー(Wu)らにより述べられている集積デバイスは、本質的に最初に基板上にTFTを形成し、続いてLEDを形成することを必要とする。

【0006】有機層を有するLEDを駆動するTFTが望ましいことについても、ハタリス、エム(Hatalis, M)らにより、“ポリシリコンTFT能動母体有

機ETLディスプレイ”、エス・ピー・アイ・イー(SPIE)、第3057巻, 277-286頁(1997)に述べられている。ハタリス(Hatalis)らはガラス基板上に、有機LEDとポリシリコンTFTを集積化することを述べている。ハタリス(Hatalis)らにより述べられているTFT構造は、ガラス基板上に形成されたドープ多結晶シリコンソース及びドレイン領域をもつ。ゲート誘電体材料は上に多結晶シリコンが形成された基板を、酸素を含む雰囲気中で、1000℃に加熱することにより形成された二酸化シリコンである。ゲートはまた、ドープされた多結晶シリコンである。二酸化シリコン層がTFTデバイス上に形成され、不活性層を貫いてソース及びドレイン領域までエッチングされ、アルミニウムで満たされた、接触窓を有する。不活性化層の最上部上に形成されたデータラインは、パターン形成されたアルミニウムである。不活性化酸化物の別の層がアルミニウム上に形成され、画素接触のためその中にエッチングされた貫通路を有する。パターン形成されたインジウム・スズ酸化物(ITO)層を、不活性化層上に形成する。能動有機材料を、ITO上に形成し、その上に最上部電極を形成する。

【0007】ハタリス(Hatalis)らによって述べられているデバイスも、作製が難しい。具体的には、作製には高温プロセスと貫通路を形成するために、多くのリソグラフィ及びエッチング工程を、必要とする。

【0008】従って、簡単なプロセスを用いてLED及びTFTが形成されるモノリシックに集積化されたLEDとTFTが望ましい。

【0009】

【本発明の要約】本発明は薄膜トランジスタ(TFT)が発光ダイオード(LED)とモノリシックに集積化されたデバイスに係る。LEDは陽極と陰極にはさまれた能動材料(すなわち、電子又は正孔の輸送がその中で起るか、電子/正孔再結晶がその中で起る材料)の層又は複数の層を有する。陰極は導電性接触で、それは電子を能動層中に注入する。陽極は導電性接触で、それは正孔を能動層中に注入する。TFT中では、半導体層中で電子又は正孔の輸送が起る。従って、TFTの半導体層も能動層とよばれる。本発明において、LEDの能動層及びTFTの半導体層の少なくとも1つは、有機材料である。

【0010】これらの有機材料の層は基板上に比較的容易に形成できるから、これらの材料はデバイス設計の点及びプロセスの観点の両方から、有利である。従って、これらの材料が集積デバイス中に用いられた時、多くの異なるデバイス形態が可能である。更に、そのようなデバイスを形成するのに各種の異なるプロセス技術が使用でき、プロセス技術の選択に柔軟性が生じる。本発明はまた、経済的かつ効率のよいそのようなデバイスの作製プロセスに係る。

【0011】もし、デバイスが光がLEDから基板を通して放射されるような形態なら、基板は透明でなければならない。ガラス基板又は透明なプラスチック基板が、適切と考えられる。もし、基板がポリエステル又はポリイミド基板のような透明なプラスチック基板であると、そのような基板は低価格で、耐久性があり、柔軟で軽量であるため、有利である。もしデバイスがLEDが基板を通して光を放射しないような形態なら、シリコン、鉄又は不透明プラスチック基板のような不透明基板が、適切と考えられる。

【0012】発光が基板を通して行われるような本発明の実施例において、透明な基板上に直接形成されたLEDデバイスの陽極も、透明である。適切な透明陽極材料の例は、インジウム・スズ酸化物(ITO)のような透明な導電性金属酸化物である。有機TFTのゲート接触もまた、透明基板上に直接形成される。能動有機層を有するTFTのゲート接触に適した材料は、やはり当業者にはよく知られている。適切な材料の例には、金、アルミニウム及び白金のような真空蒸着金属が含まれる。ポリアニリン、ポリ(3,4-(エチレンジオキシ)チオフェン)及びポリピロールのような可溶性導電性ポリマも、適切と考えられる。銀インク及びグラファイトインクのような導電性粒子を基本とするポリマ混合物も、適切と考えられる。

【0013】LEDの透明陽極が、透明基板上に直接形成されるデバイス形態において、もし有機TFTのゲート接触と有機LEDの陽極が同じ材料で、両方が、1回の堆積工程と1回のリソグラフィプロセス工程を用いて形成できるなら、有利である。従って、LED陽極が透明な金属酸化物である本発明の実施例において、もしゲート接触が同じ透明金属酸化物なら有利である。

【0014】絶縁材料の層が、ゲート接触上に形成される。有機TFTデバイスで用いるのに適した絶縁材料は、よく知られており、すべて適切と考えられる。適切な材料の例には、二酸化シリコン(SiO₂)及びシリコン窒化物(Si₃N₄)のような無機材料がある。ポリイミド及びポリ(メチルメタクリレート)のような可溶性ポリマ誘電体も、適切と考えられる。適切な誘電体の他の例には、ベンゾシクロブテン及び市販のスピンオンガラス材料のような光で規定できるポリマ誘電体が含まれる。プロセスの観点からは、絶縁層が可溶性ポリマ誘電体材料、光で規定可能な誘電体材料又はスピンオンガラスのいずれかであると、有利である。そのような材料は、これらの材料の層が、スピンコーティング、鋳造及び印刷(たとえばスクリーン印刷、インクジェット印刷、軟リソグラフィパターン形成及びスプレー)といった費用のかからないプロセス技術により、基板上に形成できるため有利である。軟リソグラフィについては、キン、ディー(Qin, D)ら、“微細加工、微細構造及び微細システム”、トピックス・イン・カレント

・ケミストリ(Topics in Current Chemistry)、第194巻、2-20頁(1998)に述べられており、この文献はここに参考文献として含まれている。

【0015】有機TFTデバイスはソース及びドレイン接触をもつ。有機TFTデバイス用のソース及びドレインとして用いるのに適した材料は、よく知られており、すべて適切と考えられる。適切な材料の例には、上述の真空蒸着金属、可溶性導電性ポリマ及び導電性粒子を基本とするポリマ混合物が含まれる。典型的な場合、ソース及びドレイン接触は、絶縁層上又は絶縁層上に形成された有機半導体材料の層上に、形成される。

【0016】適当な電界効果移動度及び他の望ましい半導体特性を有する適当な有機半導体材料の例は、当業者にはよく知られている。そのような材料は、p形材料又はn形材料である。そのような材料の層を堆積させるのに、各種の技術が用いられる。たとえば、チオフェンオリゴマ、縮合環部分を有するオリゴマ及び金属フタロシアニンのような共役オリゴマの層は、真空蒸着により形成される。フッ化金属フタロシアニン、ペリレンテトラカルボキシル・ジアンヒドライド及びそのイミド誘導体、C₆₀及びテトラシアノナフト-2,6-キノジメタンのようなn形材料の層が、適切と考えられる。適切な有機半導体材料の他の例には、可溶性共役ポリマ、オリゴマ及び縮合環分子がある。可溶性半導体材料は有利である。なぜなら、これらの材料の層は、スクリーン印刷、インクジェット印刷、軟リソグラフィパターン形成及びスプレー形成といった費用のかからないプロセス技術を用いて、形成できるからである。

【0017】LEDの陽極上に、有機正孔輸送層が形成される。有機正孔輸送層は、当業者にはよく知られている。上述のp形有機半導体材料もまた、LED用の正孔輸送層として用いるのに適している。デバイスを作製するために必要な堆積の数及びパターン形成工程の数を制限するため、正孔輸送層が半導体材料と同じ材料なら有利である。

【0018】電子輸送/発光層が、有機輸送層上に形成される。本発明の一実施例において、電子輸送層はアルミニウム8-ヒドロキシキノリネート(Alg.)である。次に、電子輸送層上に、陰極が形成される。

【0019】上述のデバイスはその性能だけでなく、材料の費用及びプロセスの費用の観点の両方から、経済的に製造できるため、有利である。この点に関して、もしデバイスの形態を、両方のデバイス(たとえばLEDの陽極とTFTのゲート; TFTの半導体層とLEDの正孔輸送層)の層を、同時に堆積できるように選択するなら、有利である。この点で、可能な限り、LEDとTFTの両方を形成するために、同じ材料が用いられるなら有利である。最後に、もし材料をプロセスができるだけ単純で経済的に保たれるように選択するなら有利であ

る。この点に関して、両方のデバイスが、スクリーン印刷又はインクジェット印刷といった印刷技術により、基板上に堆積される材料を用いて形成されるなら有利である。

【0020】詳細な記述

本発明はTFT及びLEDが単一の基板上にモノリシックに集積化されたデバイス及びこれらのデバイスを作製するプロセスに係る。TFTは基板上に形成されたソース、ゲート及びチャネル領域を有する。LEDは陽極及び陰極間にはさまれた能動材料の層又は複数の層を有する。当業者はTFT及びLEDは各種の形態で形成されることを、認識するであろう。ここで用いるデバイス形態というのは、デバイスの部分（たとえばTFTのソース、ドレイン；LEDの能動材料、陽極及び陰極）の相互の配置である。本発明において、材料及びプロセスはTFT及びLEDがモノリシックに集積化されたデバイスの作製について述べる。便宜上、材料及びプロセスは具体的なデバイス形態に関して述べる。しかし、本発明は特定のTFT又はLED形態には限られない。たとえば、TFTのソース及びドレイン接触は、絶縁性材料層又は半導体材料層上に形成できる。いずれの形態をもつTFTデバイスも、適切に動作するであろう。

【0021】図2を参照すると、本発明の一実施例において、モノリシックに集積化された有機TFT及び有機LED200が、以下の工程で形成される。導電層を最初に透明基板205上に堆積させる。プロセスを簡単にするために、この層は電界効果TFT（FET）201のゲート215及びLED202の陽極216の両方として働くため、有利である。この層はFETゲート215として働かせるため、低抵抗（約 $10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下）の材料で作られる。層はまた、LED202の陽極216として働かせるため、低抵抗、高い光透過性及び比較的高い仕事関数をもつ。これらの条件を満たす材料の例には、インジウム・スズ酸化物（ITO）又は亜鉛酸化物（約1000オングストロームより大きな厚さ）が含まれる。

【0022】ゲート電極がLED陽極とは異なる材料で作られる本発明の実施例において、金のような金属も、FETゲート215に適していると考えられる。ポリアニリン、ポリ（3，4-エチレンジオキシチオフェン）及びポリピロールのような可溶性導電性ポリマも、適当と考えられる。銀インク及びグラファイトインクのような導電性粒子を基本とするポリマ混合物も、適当と考えられる。

【0023】導電層をパターン形成することにより、FETゲート215及びLED陽極216が規定される。パターン形成はたとえば、材料を印刷又は鋳造することにより、行える。材料は導電層として働き、あるいはそれに変えられる。（たとえば、微細鋳造、導電性ガラスに対する湿式パターン印刷、又はゾル、ゲルプリカー

サ。）導電層は均一に堆積させた層の選択された領域を除去するため、エッチャントを印刷するか、除去できるマスクとともにエッチャントを用いて、パターン形成される。別の実施例において、導電層はレジストを印刷するか、層のある部分をエッチャントから保護するパターン形成された材料が生じるように、その後パターン形成されるエネルギーで規定される材料で、基板を被覆することにより、パターン形成される。別の実施例において、パターン形成は湿式パターンを印刷するか、レジスト層を規定するために使用できる固着促進／抑制パターンを印刷することにより、行える。また、パターン形成は基板上への金属の無電界堆積に対し、触媒又は開始剤（たとえばニッケル又は銅堆積に対しては、パラジウム触媒；金堆積に対しては、金コロイド）を印刷することによって行える。所望のパターン中に導電層を堆積させるプロセスが加わると、有利である。なぜなら、所望のパターンを得るために、層の一部を除去する必要性がなくなり、従って導電性材料が効率良く使えるからである。

【0024】材料のエッチング及び除去を必要とする除去プロセスの場合、TFTデバイスの誘電体層としても働くレジスト層を用いる作製プロセスを用いる利点がある。たとえば、感光性ポリイミドの薄い印刷された層は、レジスト層として使用できる。下の導電層をパターン形成するためにレジストマスクとしてポリイミド層を用いた後、マスクはFET201の誘電体層220として、基板上に残る。

【0025】次に、FET202の誘電体層220が形成される。この層により、FETゲートが電極から電気的に分離される（約 $10^{-9} \text{ F} / \text{cm}^2$ 以上の容量）、誘電体層220はFETの低電圧（すなわち40ボルト以下）動作を可能にするため十分薄く、導電層と化学的に両立する。誘電体層220はそれがLED202の陽極216を被覆しないように、パターン形成される。レジスト及び誘電体が同じ材料である実施例において、パターン形成された誘電体の形成には、誘電体の一部を選択的に除去し、FETゲート接触とLED陽極を露出することを含む。別の方式では、誘電体層を印刷法を用いて、パターン形成された導電層上に形成する。多くの印刷技術の場合、誘電体をパターン形成後固化できる液体（たとえば、プリポリマ又は溶液、懸濁又はスラリーの形）として加工すると有利である。多くの型の熱的又は光化学的に焼きなませるポリマが、誘電体層として、良く適している。ポリイミド及びポリ（メチルメタクリレート）は、そのような材料の例である。適切な誘電体材料の他の例には、光で規定できるポリマ誘電体及びスピノーオンガラスが含まれる。

【0026】導電層及び誘電体層が基板上に形成された後、FET201のソース電極225及びドレイン電極226又は（図3で別の実施例とよぶ）FETの半導体

材料 230 を堆積させる。図 2 は本発明の実施例を示し、この場合 FET デバイスの半導体材料層が、FET のソース及びドレイン電極が形成された後、形成される。図 3 は本発明の実施例を示し、この場合 FET デバイスの半導体材料層は、FET のソース及びドレイン電極が形成される前に、形成される。図 2 に描かれた形態は、接触がパターン形成しやすく、接触形成後堆積させる半導体層に接触堆積が影響を与えないため、有利である。しかし、図 3 中の形態は有利である。なぜなら、最上部接触により、電気的な相互接続に良好な界面ができ、半導体と最上部接触間の界面は改善された電気的な相互接続のために、(もし必要なら) より容易に修正される。

【0027】電極が基板上に印刷される本発明の実施例において、最初に半導体材料を堆積させるのが有利である。なぜなら、印刷された電極はしばしば比較的厚く、電極上に堆積させた能動材料を用いる FET 中で用いるのに適さない。電極用の材料は、導電性が良く、誘電体と化学的に両立し(たとえば、それらは誘電体材料を乱さない溶媒中に存在する必要がある)、かつ印刷法とともに用いるのに適する(たとえば、ある種の印刷技術の場合、それらは溶媒で処理できる必要がある)必要がある。電極と能動材料間の界面の特性は、FET の許容できる動作を可能にするものである必要がある。ある種の実施例において、界面の特性は電極と能動材料間のある望ましい特性を有する界面層を形成することにより、改善される。これらの条件を満たす電極の例には、懸濁液から堆積させた導電性炭素、溶液から堆積させたポリアニリン、導電性銀ペースト及び先に述べた材料が含まれる。

【0028】図 2 を参照すると、電極 225 及び 226 が形成されたら、半導体材料 230 を堆積させる。この材料は必要な特性をもつ FET を生じる特性をもつ必要がある。ほとんどの用途に対し、 $10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の移動度及び 10 以上のオン/オフ比(及び 10^{-5} S/cm 以下の導電性)で十分である。半導体層 230 はソース 225 とドレイン 226 電極の間の狭い領域中にのみ存在する必要があるが、LED 202 用の正孔輸送体 235 としても働く半導体材料を選ぶと有利である。

【0029】そのような材料の例には、以下の p 形半導体材料が含まれる。オリゴチオフェン(すなわち、 $\text{Di-R-}\alpha\text{-nT}$ 、ここで、n は 4 ないし 8、T は 2, 5-チオフェニジイルで、R は m が 0 ないし 18 の $\text{C}_m\text{H}_{2m+1}$ か $\text{C}_y\text{H}_{2y+1}\text{OC}_z\text{H}_{2z}$ である。ここで、 $z+y=4$ ないし 17 で、y はゼロ以上、z は 2 以上の整数である); ペンタセン; Di-R- アントラジチオフェン(ここで、R は先に述べたもの); ビス-ベンゾジチオフェン及びフタロシアニン共役体混合物。ここで、共役体は銅、亜鉛、スズ又は鉄、又は水素である。適当なアントラジチオフェン半導体については、ラクインダヌ

ム、ジュイ (Laquindanum, J) らにより、“アントラジチオフェンの合成、モフォロジー及び電界効果移動度、” ジャーナル・アメリカン・ケミカル・ソサイアティ (J. Am. Chem. Soc.) 第 120 巻, 664-672 頁 (1998) に述べられている。この文献は参照文献として、ここに含まれている。適当なベンゾジチオフェンについては、ラクインダヌム (Laquindanum) らにより、“半導体ビルディングブロックとしてのベンゾジチオフェン環”、アドバンス・マテリアル (Adv. Mater.) 第 9

(1) 巻, 36-39 頁 (1997) に述べられている。この文献は参照文献として、ここに含まれる。

【0030】そのような材料は、真空蒸着を用いて堆積させる。 $\text{Di-R-}\alpha\text{-nT}$ 、ここで n は 4 ないし 8、R は m が 4 ないし 6 の $\text{C}_m\text{H}_{2m+1}$ 及び Di-R- アントラジチオフェン(ここで R は C_6H_{13}) のようなある種の上述の材料は、クロロベンゼン及び 1, 2, 4-トリクロロベンゼンのような芳香族溶媒を含むある種の溶媒中で、有限の溶解度をもつ。従って、これらの材料はスピン被覆、鋳造及び印刷により、基板上に堆積できる。これらの半導体材料を有する FET 及びそのようなデバイスの作製については、カツ、エイチ (Katz, H) らにより、“延伸かつオキサ置換 α , α -ジアルキルチオフェンオリゴマの合成、溶解度及び電界効果移動度。極性中間生成物合成戦略の拡張及びトランジスタ基板上への堆積”、ケミカル・マテリアル (Chem. Mater.)、第 10 巻, 第 2 号, 633-638 頁 (1998) に述べられている。この文献は参照文献としてここに含まれる。これらの化合物は他の液相より低いオフ導電率及び高い移動度を有する薄膜に鋳造でき、それによってより高いオン/オフ比をもつ薄膜が生成する。

【0031】図 2 に示されるように、この実施例における半導体材料は、FET 201 領域及び LED 202 領域の両方の上に均一に堆積され、パターン形成は必要ない。もし、半導体材料 230 をパターン形成する必要があるなら(図 3)、材料は印刷でき、材料は誘電体及び電極材料と両立する溶媒中に、溶解することが好ましい。アルキル群が約 2 ないし約 10 の炭素原子であるポリ(3-アルキルチオフェン)は、これらの要件を満たす材料である。そのような TFT デバイスについては、バオ、ゼット (Bao, Z) らにより、“高い移動度を有する薄膜電界効果トランジスタ用の可溶で加工が可能な部分正則ポリ(3-ヘキシルチオフェン)”、アプライド・フィジックス・レターズ (Appl. Phys. Lett.)、第 69 巻, 第 26 号, 4108-4110 頁 (1996) に述べられている。この文献は参照文献として、ここに含まれる。このポリマは、それが連続した薄膜、従ってデバイス間の均一性を生じるため、有利である。

【0032】本発明の一実施例において、FET中の能動半導体層は約 $10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上のキャリア移動度及び約 10^{-5} S/cm より小さい残留導電率を有する有機ポリマである。これらのFETデバイスは20℃において、約25より大きなオン/オフ比をもつ。

【0033】適当な半導体材料の他の例には、以下のようなn形材料が含まれる。フッ化フタロシアニン共役混合物、ここで共役体については、先に述べた。ペリレンテトラカルボキシル・ジアンヒドライド及びそのイミド誘電体。ナフタレンテトラカルボキシル・ジアンヒドライド及びそのイミド誘導体。C₆₀。11, 11, 12, 12-テトラシアノナフト-2, 6-キノジメタン (TCNNQ)。これらのn形半導体材料は、真空蒸着を用いて基板上に形成される。

【0034】モノリシックに集積化されたデバイス200を完成させるために、LED202に必要な残りの材料を、堆積させる。もし、FET用の半導体材料230が正孔輸送体(図3)として用いられず、それをそうでなければLED陽極216上に堆積させないなら、必要な特性を得るために必要であれば、正孔輸送体235の層が形成される。適当な正孔な輸送体材料には、N, N'-ジフェニル-N, N'-ビス(3-メチルフェニル)-1, 1-ビフェニル-4, 4'-ジアミン(TPD)が含まれる。電子輸送体/エミッタ層(ETL)240を正孔輸送体235上に堆積させ、続いて陰極245を堆積させ、LEDを完成させる。ETL用の材料には、ポリフェニレン・ビニレン及びアルミニウム8-ヒドロキシキノリネート(A1q.)が含まれる。電子輸送材料の他の例には、2-(4-ビフェニル)-5-(4-タートブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール(PBD)、2-ナフチル-4, 5-ビス(4-メトキシフェニル)-1, 3-オキサゾール(NAPOXA)、ビス-(8-ヒドロキシキノリジン)アルミニウム・フェノキシド及びビス(10-ヒドロキシベンゾ-キノリネート(亜鉛)(ZnBq2))が含まれる。陰極用材料はETL中に効率のよい電子注入を行うため、低仕事関数をもつ必要がある。適当な陰極材料の例には、アルミニウム及びカルシウムが含まれる。

【0035】もし、LEDからのパターン形成された放射が必要なら、陰極はたとえば、熱蒸着による堆積中、シャドーマスクを用いることにより、パターン形成できる。プロセスの観点から、陰極の代わりに、ETLをパターン形成することが有利である可能性がある。もし、ETLが溶液で加工可能なら、その厚さを変調し、従ってその放射強度を変調するために、低価格の鋳造法を用いることができる。PPVはこの方式で操作できるETLの例である。

【0036】TFT及びLEDを作製するのに用いることのできる効率処理の別の例において、LEDの陰極材

料はソース及びドレインとしても使用できる。

【0037】TFTを形成する以下の材料及びプロセス工程は、工程及び材料がITO被覆ガラス基板上にLEDを形成することと、よく適合するため有利である。ITOはTFTのゲート及びLEDの陽極の両方である。もし、ゲート電極がポリウレタンのようなレジスト材料の層を、所望のパターンに印刷することにより、パターン形成されるなら有利である。ITOの不要な領域は、パターンを通して露出され、従来のエッチャントを用いて除去される。次に、パターン形成されたレジストが除去される。あるいは、ITO層中に所望のパターンを描画するために、エッチャントがITO層上に印刷される。

【0038】次に、TFTデバイスの誘電体層が、TFTのゲート上に印刷される。印刷可能な誘電体材料の例には、ポリイミド及びポリ(メチルメタクリレート)が含まれる。

【0039】次に、液相で加工可能な共役オリゴマ(たとえば、ジヘキシル- α -6T)又は(部分正則ポリ(3-ヘキシルチオフェン)のような)共役ポリマを、基板上に印刷、鋳造、スピコート又はスプレーすることにより、TFTの半導体層が形成される。

【0040】もし、ソース及びドレイン接触(また電極とよぶ)又はそれらの間隔の最小寸法が、 $25 \mu\text{m}$ 以上なら、ソース及びドレイン電極は、インクジェットから分配された導電性粒子を基本とする合成材料(たとえば銀インク又はグラファイトインク)を用いて、印刷される(もし最小寸法が $75 \mu\text{m}$ 以上なら、スクリーン印刷が使用できる)。あるいは、ポリアニリンのような可溶性導電性ポリマが、基板上に印刷される。もし最小寸法が $1 \mu\text{m}$ 以上なら、導電性粒子又は導電性ポリマが、基板上に毛細管として微細鋳造される。ソース及びドレイン接触のいずれか1つが、LEDの陽極と接触するように、パターン形成される。

【0041】ITO上にTFTが形成されたら、LEDの能動層又は複数の層を、基板上に形成する。もし真空蒸着が許容されるなら、正孔輸送層(たとえばN, N'-ジフェニル-N, N'-ビス(3-メチルフェニル)-1, 1-ビフェニル-4, 4'-ジアミン(TPD))を、陽極上に真空蒸着する。次に、エミッタ/電子輸送層(たとえば、アルミニウム・トリス(8-オキシキノリン)(A1q.))を、正孔輸送層上に真空蒸着する。真空蒸着できる他の能動材料の例については、ドダバラパー、エイ(Dodabalapur, A)、“有機発光ダイオード”ソリッド・ステート・コミュニケーション(Solid State Communication)第102巻, 259-267頁(1997)に述べられている。この文献は参考文献として、ここに含まれる。

【0042】もし、LEDの能動層を溶液から堆積させ

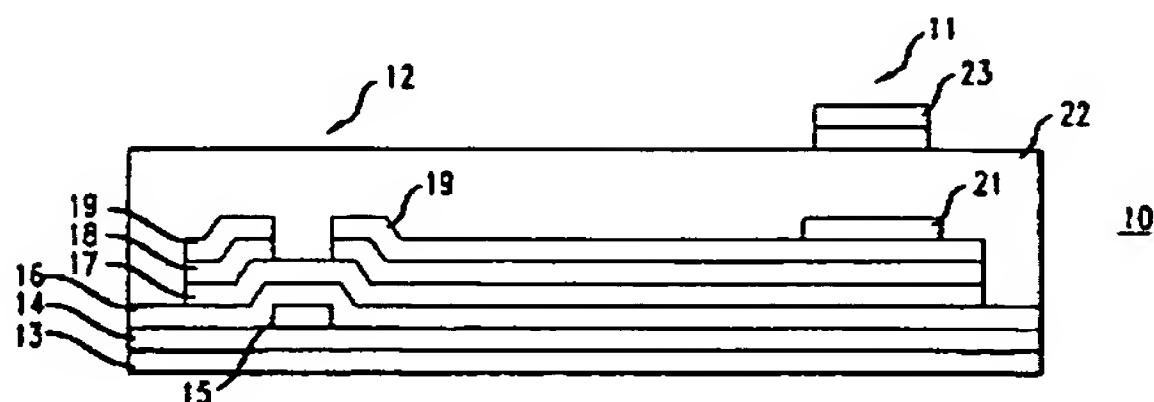
るのが好ましいなら、正孔輸送層（たとえばポリ（フェニレン・ビニレン（PPV））を基板上に形成する。TFTの誘電体層を上形成する前に、陽極上にPPVを形成する。PPV層はPPVプリカーサから形成され、PPVプリカーサはドクターブレードを用いて基板上に堆積させ、真空中で基板を約260℃に加熱することにより、熱的にPPVに変えられる。ドレイン及びソース電極が上に形成された後、基板上にポリ（シアノテレフタルイリデン（CN-PPV）を印刷、鋳造又はスピン被覆することにより、電子輸送／エミッタ層が形成される。

【0043】なお別の実施例において、ポリ（2-メトキシ-5-2'-エチルーヘキソキシ）-1,4-フェニレン・ビニレンを含む溶液を印刷、鋳造又はスピン被覆することにより、単一のLED能動層が形成される。同様の方式で堆積できる他の能動材料の例及びそのような堆積に適した条件については、クラフト、エイ（Kraft, A）らにより、“電界発光共役ポリマー新しい光の中でポリマを見る”、アンゲバンデ・ケミー・インターナショナル・エディオン（Angew. Chem. Int. Ed.）第37巻、402-428頁（1998）に述べられている。この文献は参考文献として、ここに含まれる。

【0044】本発明のある種の実施例において、1個以上のTFTが1ないし複数のLEDとモノリシックに集積化される。ある種の例において、複数のTFTが単一のLEDと集積化される時、LEDにおけるパワー放散が、著しく減少する。本発明のデバイスをディスプレイ又はシステム中に組込む時、1ないし複数のTFTが1ないし複数のLEDを駆動することが考えられる。ディスプレイはモノリシックに集積化された本発明のデバイスの複数の行及び列をもつであろう。本発明のデバイスを有するシステムはまた、適切な駆動回路を含むであろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】



【図1】TFTと集積化された有機薄膜を有する従来技術のLEDの概略図である。

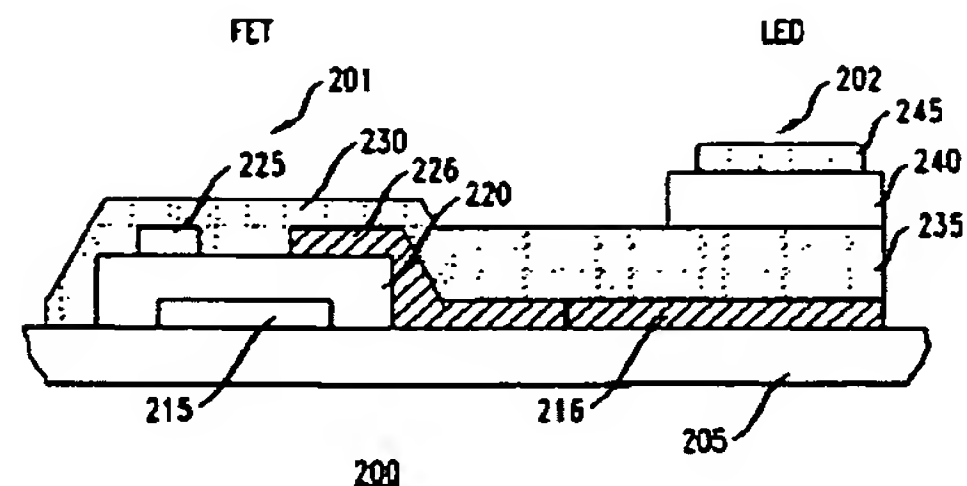
【図2】両方のデバイスが有機材料の能動層をもつ本発明のモノリシックに集積化されたLED及びTFTの一実施例の概略図である。

【図3】両方のデバイスが有機材料の能動層をもつ本発明のモノリシックに集積化されたLED及びTFTの第2の実施例の概略図である。

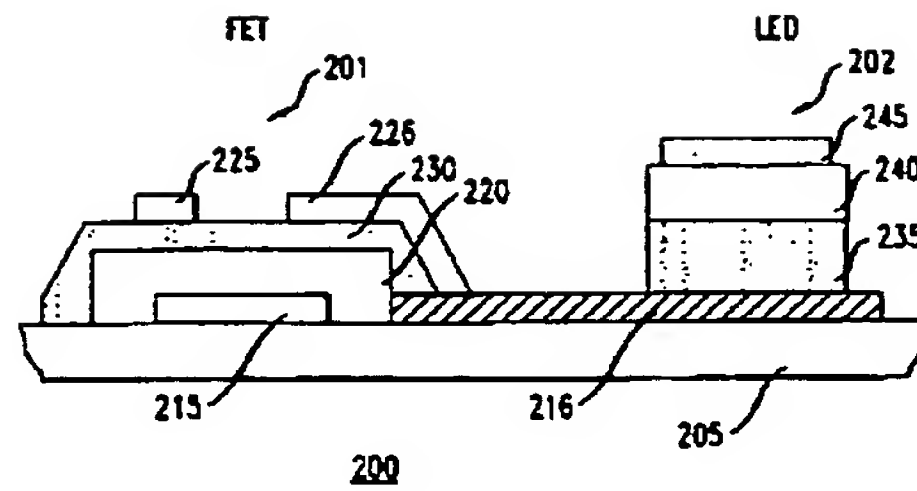
【符号の説明】

- 1 (本文中にはなし)
- 10 デバイス
- 11 LED
- 12 TFT
- 13 基板
- 14 絶縁層
- 15 ゲート
- 16 絶縁層
- 17, 18 シリコン層
- 19 ソース／ドレイン接触
- 20 21 陽極
- 22 ポリマ層
- 23 陰極
- 200 有機LED
- 201 ソース
- 202 LED
- 205 透明基板
- 215 ゲート
- 216 陽極
- 220 誘電体層
- 225 ソース電極、電極、ソース
- 226 ドレイン電極、電極、ドレイン
- 230 半導体材料、半導体層
- 235 正孔輸送体
- 240 電子輸送体／エミッタ層
- 245 陰極

【図2】



【図 3】



フロントページの続き

(72)発明者 アナンス ドダバラプア
 アメリカ合衆国 07946 ニュージャージー
 イ, ミリントン, ヒルトップ ロード 62
 (72)発明者 ハワード イーダン カッツ
 アメリカ合衆国 07901 ニュージャージー
 イ, サミット, バトラー パークウェイ
 135

(72)発明者 ヴェンカタラム レディ ラジュ
 アメリカ合衆国 07974 ニュージャージー
 イ, ニュープロヴィデンス, プリンストン
 ドライヴ 49
 (72)発明者 ジョン エー. ロジャース
 アメリカ合衆国 07974 ニュージャージー
 イ, ニュープロヴィデンス, アパートメン
 ト 1シー, スプリングフィールド アヴ
 エニュー 1200